

УДК 556.33.632

Едигенов М.Б.<sup>1</sup>, Усупаев Ш.Э.<sup>2</sup>,  
Атыкенова Э.Э., Шаршенов Б.<sup>1</sup>Институт водных проблем и гидроэнергетики НАН КР,  
<sup>2</sup>ЦАИИЗ

## ГЕОРИСКИ, ИНДУЦИРОВАННЫЕ ДОБЫЧЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

**Аннотация:** В работе приведены особенности формирования и проявления георисков при освоении месторождений полезных ископаемых.

**Ключевые слова:** геориск, месторождение, геоэкологическая обстановка, полезные ископаемые.

## КЕН БАЙЛЫКТАРЫН КАЗЫПАЛУУ МЕНЕН ИНДУЦИРЛЕНГЕН ГЕОТОБОКЕЛДИКТЕР

**Кыскача мазмуну:** Макалада кен байлыктарын өздөштүрүүдө геотобокелдиктеринин пайда болушунун жана көрүнүштөрүнүн өзгөчөлүктөрү келтирилген.

**Түйүндүү сөздөр:** геотобокелдик, казып алуу жайы, геоэкологиялык жагдай, пайдалуу казып алынуучулар.

## MINERAL DEPOSIT MINING INDUCED GEORISKS

**Abstract:** The peculiarities of georisks formation and occurrence during mineral deposits development are presented at the paper.

**Keywords:** geo-risk, deposit, geoeological situation, minerals.

При освоении недр горно-рудной промышленностью, в результате выемки карьерами и шахтами огромных масс грунтов, нарушаются напряжённо-деформированные состояния устойчивого равновесия в разрабатываемых тектонических блоках и грунтовых массивах, что активизирует ранее невозможные новые опасные процессы и явления создающие геориски природного и техногенного характера [1-10].

Масштабы и темпы добычи полезных ископаемых в мире достигли значительных размеров: например, сверхглубокая скважина Кольская имеет глубину до 12 км, нефтяные скважины до 5-7 км, а шахты пронизывают недра на первые несколько км.

Горно-добывающие техногенные воздействия ежегодно возрастают и совокупность перемещаемых горных масс и их компонентов в настоящее время сравнима с силами природного характера, а по темпам нарушения окружающей геологической среды техногенные изменения превышают природные их аналоги. Так, на сравнительно небольшой территории, Кыргызский Тянь-Шань содержит в своих недрах несколько тысяч месторождений, проявлений руд и неметаллических полезных ископаемых, в десятках из которых, при их освоении, проявлялись индуцированные геориски вследствие нарушения баланса устойчивого равновесия в окружающей геологической среде.

**Северный Тянь-Шань** представлен допалеозойскими метаморфическими и нижнепалеозойскими породами каледонской складчатости, где в островодужных осадочно-вулканогенных образованиях размещены золоторудные месторождения - Джеруй, Долпран, Талдыбулак Левобережный, серебра - Кумыштаг, железа и ванадия - Бала-Чичкан, свинца и цинка - Боорду, Курган, бериллия - Калесай, Четенды, Тюкту-Арча, редких земель - Кутессай-П, алюминия - Сандык, меди - Талдыбулак, Андаш, Акташ, Ташкоро, Икичат, висмута –

Мироновское, мышьяка - Уч-Имчек, тория, свинца и редких земель - Ак Тюз [5-8]. В результате землетрясения 15.04.1964 г. интенсивностью 5 баллов была разрушена дамба Актюзского радиоактивного хвостохранилища №2. Из Кыргызстана в Казахстан по р. Кичи-Кемин были вынесены прорывными потоками по руслу реки и арычной ирригационной сети около 680 тыс.м<sup>3</sup>песка и ила,содержащихторий.

**Срединный Тянь-Шань**, сложенный метаморфическими породами протерозойского возраста, прорванных гранитоидами среднего-верхнего карбона, включает месторождения золота - Кумтор, Молибдена - Чаарташ, вольфрама - Кенсу, Кумбель, железа - Гава, Джетымское, урана, молибдена и ванадия - Сарыджазское, меди - Куру-Тегерек, Бозымчак, полиметаллов - Сумсар, сурьмы - Терек, Кассан. На крупнейшем в Центральной Азии золоторудном месторождении Кумтор, в период освоения, на бортах гигантского карьера происходили ряд обрушений. Дамба хвостохранилища измещением более 100 млн м<sup>3</sup>, сооруженная из местных грунтов на многолетней мерзлоте, постепенно смещается. Здесь же происходит оттаивание естественной плотины высокогорного озера Петрова, прорыв которого представляет угрозу смыва селевыми потоками и разрушения содержащего цианиды хвостохранилища Кумтор, что может стать трансграничной экологической катастрофой в виде выброса опасных ингредиентов в бассейны рек Нарын и Сыр-Дарьи [5-8].

**В Южном Тянь-Шане**, в обстановках от срединно-океанических хребтов до пассивной окраины континента, в среднепалеозойских образованиях в условиях развития магматизма герцинского орогенеза, сформированы полезные ископаемые сурьмы - Кадамджай, Абшир, ртути - Хайдаркан, Чонкой, золота - Тахтазан, Алтын-Джилга, Ничкесу, Тоголок, вольфрама - Трудовое, Меликсу, олова - Трудовое, Учкошкон, алюминия - Зардалек, Катранбашинское, Каранглинское, свинца и цинка - Турабулак, кобальта - Чалкуйрюк, стронция - Джидабулак, тантала и ниобия - Дельбек, Тутек, железа - Надир [5-8].

В качестве одного из примеров георисков на Южном Тянь-Шане, следует указать на сформировавшуюся опасную геозологическую обстановку в районе месторождения Хайдаркана, как на поверхности - в результате многолетней добычи и транспортировки ртути, так - и в результате обводнённости шахт, что требует проведения горнорудничных мероприятий по откачке вод. Комбинатом в годы активной деятельности ежегодно в атмосферу выбрасывалось до 13 тонн металлической ртути, 315 тонн пыли, 295 тонн оксида углерода и 45 тонн диоксида серы. Выброс технологических отходов осуществлялся через дымовую трубу на абсолютной отметке 1980 м над уровнем моря. В 2001 г., в результате шестичасового перебоя в подаче электроэнергии, произошло затопление шахтного пространства. Для возобновления добычи на нижних горизонтах и проведения откачки рудничных подземных вод потребовалось до двух лет времени [5-8].

На вышеуказанных сегментах Тянь-Шаня в настоящее время идёт освоение новых месторождений, что сопряжено с возникновением новых различных георисков.

**В процессе добычи урана** в Кыргызстане фиксировались опасные процессы и явления, которые связаны не только с радиоактивными дозами излучения. В 1899 г. впервые были найдены урановые минералы в северных предгорьях Алайского хребта на месторождении Тео-Моюне. В 1904 г. на данном урано-ванадиевом месторождении были начаты разведочно-эксплуатационные работы, и в течение 6 лет с 1907 по 1913 гг. здесь было добыто 820 т руды, 655 т из них вывезено в г. Петербург для извлечения радия и урана, и их дальнейшего экспорта в Германию. Добыча урана велась подземным способом: глубина рудника достигла 220 м. В дальнейшем добыча урана в Кыргызстане осуществлялась несколькими рудниками - Майлуу-Суу, Мин-Куш, Каджи-Сай, Кавак, прекратившими свою деятельность в середине 60-х годов [5-8].

Для месторождений урана геориски - это отходы производства, законсервированные в радиоактивных хвостохранилищах, и не рекультивированные горные отвалы, расположенные на поверхности. Они находятся в условиях активного воздействия землетрясений, оползней, селей, береговой эрозии, приводящих к разгерметизации и разрушениям дамб сооружений.

По инженерно-геологическим особенностям в районах расположения отходов горного производства выделяются классы грунтов: рыхлые (связные и несвязные), которые представлены четвертичными отложениями, обладающими достаточно высокими свойствами водопроницаемости. По оценкам коэффициента устойчивости дамбы большинства хвостохранилищ, вследствие давности срока эксплуатации, ослабили свою прочность от  $K=1,2$  до  $K=0,93$  - до 7-балльных землетрясений [5-8].

За период эксплуатации месторождений произошло несколько катастрофических техногенных аварий, которые загрязнили значительные площади земель и нарушили геосистемы Кыргызстана с выносом загрязняющих и радиоактивных ингредиентов в трансграничные районы стран Центральной Азии [8]. Так, в результате разрушения дамбы хвостохранилища №7 вследствие землетрясений 09-14.12.1958 г. и одновременного выпадения ливневых осадков, по р. Майлуу-Суубыл выброшен на протяжении более 40 км радиоактивный селевой поток объемом 600 тыс. м<sup>3</sup>, который прошел по территории Кыргызстана и Узбекистана. В настоящее время в районе города Майлуу-Суу, в результате многолетней (с 1950-х годов) добычи урановой руды и нефти, сформировались и представляют геориски по разгерметизации и разрушению неустойчивых дамб оползни (до 262), расположенные рядом с объектами [6-9]. В 1959 г. в результате водной эрозии произошла разгерметизация дамбы радиоактивного уранового хвостохранилища в районе г. Кара-Балта. Радиоактивные вещества попали в ирригационные сети и орошаемые поля.

Золоторудное месторождение Кумтор, эксплуатация которого проводится с 1996 года, расположено на абсолютной отметке 3600 м, на северном склоне хр. Акшийрак - водоразделе между ледниками Давыдова и Лысый, на истоке водных систем рр. Арабель и Кумтор. Такое размещение горного предприятия - вблизи русел рек и на языках ледников, указывает на наличии потенциальных геологических рисков. За 17 летний период эксплуатации рудника хвостохранилище Кумтора разрослось по площади до 2250,0 тыс.м<sup>2</sup> и объёма ёмкости с отходами в виде пульпы - до 110 млн. м<sup>3</sup>. В настоящее время здесь работы ведутся открытым способом с применением 20 тонн взрывчатого вещества при каждом взрыве. После взрывов облака из смеси пыли, песка и осколков камней падают на поверхности близлежащих ледников, загрязняют их, что отражается на активности таянья льдов [5-9]. Кроме этого, геологическими рисками в районе месторождения являются деградация вечной мерзлоты и связанные с ней процессы (фильтрация вод, термопросадки, термоэрозии в зоне влияния отводного канала отр. Арабель, проложенного в обход хвостохранилища), а также осадки грунта под зданиями и сооружениями. К георискам относятся также изменение режима ледников Давыдова и Лысый за счёт складирования на них отвальных пород и оползание и обрушение бортов карьера в виде внезапного падения скальных блоков, вызванное процессами промерзания-оттаивания приповерхностных слоев массива горных пород и сотрясения при буровзрывных работах [8, 9].

**Северный Казахстан.** Изменение гидрогеологических, инженерно-геологических условий при освоении группы крупнейших железорудных месторождений Северного Казахстана - Соколовское, Сарбайское, Южно-Сарбайское, Качарское и Куржункульское, оолитовых железных руд - Лисаковское, группы бокситовых месторождений на территории Костанайской области, а также Васильковского месторождения золота, сопряжены с формированием и проявлением георисков [10].

Исследование гидрогеологических и инженерно-геологических условий от стадии разведки до стадии освоения и в процессе добычи рудных месторождений, позволяет определить динамику уровней и изменений химизма подземных вод, вовлекаемых в водоотлив, выявить граничные условия основных водоносных горизонтов, обводняющих карьеры и шахты, а также разработать прогнозы устойчивости бортов карьеров и шахтного пространства [10].

На инженерно-геономической карте оценки и прогноза георисков на территории Кыргызстана выделены 6, ориентированных с севера на юг, меридиональных нарушений с

повышенной сейсмичностью (с запада на восток): I-более 80 км., II-100 км, III-50 км, IV-77 км, V-41 км, VI-83 км (рисунок 1).

Анализ карты показывает, что по угрозам от георисков административные области в уменьшающемся порядке могут быть расположены так: 1.Чуйская, 2.Жалал-Абадская, 3.Иссык-Кульская и Ошская, 4.Баткенская, 5.Нарынская, 6.Таласская.

В современных условиях планомерное и устойчивое развитие дренажных систем обрабатываемых месторождений и программа слежения за их эффективностью, одна из приоритетных задач горной индустрии, решение которой позволит осуществлять и применять на практике незыблемый принцип – безопасность горных работ [10].

Особенностью размещения месторождений полезных ископаемых в Центральной Азии и трансграничных с ней территориях, является их приуроченность, как правило, к разломам второго порядка, которые скоррелированы с региональными разломами и складчатыми структурами.

Территории, сопряжённые с вышеуказанными месторождениями полезных ископаемых, продолжают осваиваться и разрастаться, т.е. ежегодно происходят нарушения природного устойчивого равновесия в связи с проходкой горных выработок, которые способствуют изменениям деформационного и напряженного состояния пород в пределах сферы инженерного и техногенного воздействия горно-проходческих машин и механизмов.

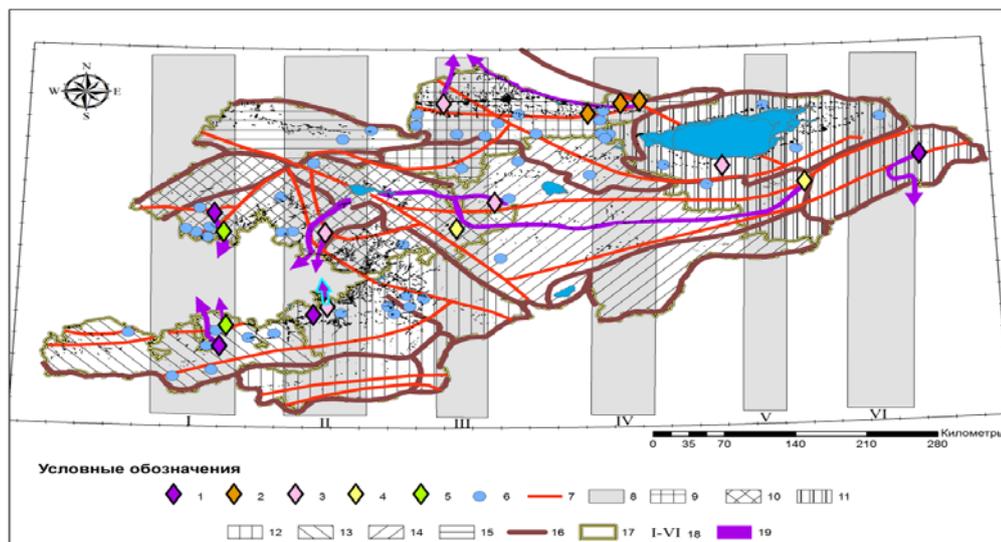
В первую очередь, по мере углубления и расширения карьеров и шахтных пространств, осваиваемые рудоносные массивы подвергаются воздействиям следующих составных компонентов напряженно-деформированного состояния: 1 - осевого, 2 - радиального, 3 - окружного и 4 - сдвигового [5]. При этом известно, что величина данных напряжений может достигать нескольких десятков МПа (научное открытие Айтматова И.Т. и Тажибаева К.Т. – явление остаточного напряжения в горных породах). Например, для железорудных месторождений достигает 50 МПа [2].

По экспериментальным и инструментальным измерениям горизонтальные напряжения в массиве грунтов превышали вертикальные на глубине 100 м - в 20 раз, 600 м - в 4 раза и, как следствие, в результате нарушения природного равновесия при добыче полезного ископаемого активизируются геориски [1, 5].

Природа георисков, сопряжённых с горнорудной деятельностью, кроется в нарушении геостатического нормального напряженно-деформационного состояния горных пород в массивах эффектом превышения геостатического вертикального напряжения горизонтальными напряжениями, которые, вследствие вышеуказанного открытия остаточных напряжений, проявляются на глубинах от 10-100 м до 1-1.5 км [2].

Следует подчеркнуть, что по результатам массового экспериментального определения напряжений и физико-механических свойств горных пород на месторождениях различных регионов нашей планеты, Марковым Г.А. и Савченко С.М. [1] установлена закономерность, что в 60% случаев высокие горизонтальные напряжения приурочены к изверженным породам, до 20% - к метаморфическим, а оставшиеся 20 % - к иным осадочным сцементированным отложениям [5]. Также, высокие горизонтальные напряжения вне зависимости от генезиса и возраста пород, как правило, активно проявляются в региональном плане - в зонах восходящих движение земной коры.

В результате воздействия современных движений, унаследующих характер новейших тектонических движений на Тянь-Шане и в горно-складчатых регионах Центральной Азии, горизонтальные деформации и напряжения сжатия направлены вкрест простирания основных геодинамических структур и, соответственно, имеют зональность в распределении [3].



**Рисунок 1.** Инженерно-геономическая карта оценки и прогноза георисков от воздействия отходов горного производства на территории Кыргызстана (авт. Усупаев Ш., Атыкенова Э.).

Условные обозначения: 1-радиоактивные хвостохранилища уранового ряда; 2-радиоактивные отходы ториевые; 3-хвостохранилища, содержащие цианид натрия; 4-отходы, содержащие сурьму и мышьяк; 5-хвостохранилища с солями тяжёлых металлов; 6- перспективные месторождения полезных ископаемых, находящиеся в разной степени освоения; 7- региональные глубинные разломы; 8-меридиональные сквозные сейсмоактивные зоны дислокаций; административные области (9-15): 9-Чуйская, 10-Жалал-Абадская, 11-Иссык-Кульская, 12-Ошская, 13-Баткенская, 14-Нарынская, 15-Таласская; 16-водоразделы бассейнов стока рек, направляющих ИГН-геориски по геоморфологическим условиям вне зависимости от административных границ; 17- административные границы областей и населённые пункты Кыргызстана; 18-номера зон меридиональных скрытых сейсмоактивных систем нарушений; 19-направления возможной миграции радиоактивных и токсично опасных ингредиентов по руслам рек.

При извлечении горных масс, по Айтматову И.Т. [2], на рудниках Центральной Азии (в.т.ч. Кыргызстане и Казахстане) в результате взаимодействия сил удерживания подземных выработок во внутренних пространствах, осваиваемых массивах пород, силами остаточных напряжений происходят техногенно-природные геориски в виде горных ударов, которые закономерно проявляются в зависимости от степени прочности пород: для очень крепких грунтов на глубинах 800-1000 м, крепких - 650-750 м, пород средней прочности - 450-550 м [1].

По исследованиям научной школы инженер-геологов академика Сергеева Е.М.[5] в орогенах Центральной Азии, на большинстве горно-складчатых структур и щитах, напряжения выше по значению от гравитационных. Преобладают, как правило, напряжения сжатия. Однако, в зонах дизъюнктивных нарушений проявляются растягивающие напряжения. При этом, в тектонических разломах перед геологическим телом дизъюнктива, величина напряжений увеличивается, а в зоне смещения резко уменьшается. Поэтому, при проходке горных выработок в зонах концентрации напряжений нормального и остаточного характера проявляются геориски в виде горных ударов, выбросов, стрельяния или внезапного разрушения горных пород, в зонах разгрузки напряжений проявляются вывалы горных масс.

При добыче полезных ископаемых, как следствие, остаются на поверхности земли отработанные карьеры с глубинами до 100 и более метров с ёмкостями от первых до десятков кубических километров. При этом карьеры, в связи с выпадением атмосферных осадков и разгрузкой подземных вод, наполняются, образуя большие водоёмы.

Проведённые исследования, позволили установить, что при заполнении водохранилища объёмом до 2 км<sup>3</sup> и глубине до 100 м проявляются геориски в виде наведённой сейсмичности [4]. Например, после выемки горной массы (0.5-1.0 км<sup>3</sup>) на Хибинском месторождении проявлялись техногенно-индуцированные землетрясения. Одновременно, в подготовку индуцированных землетрясений были вовлечены окружающие массивы, превышающие на два порядка и составляющие до 100 км<sup>3</sup>. Заметные деформации грунтов прослеживались от выемки карьеров на расстояние равное двум-трем её размерам [4].

Таким образом, добыча полезных ископаемых сопряжена с развитием проявляющихся в процессе освоения недр индуцированных георисков природного и техногенного характера, требующих проведения комплексных исследований на основе создания сети мониторинга, оценки их развития и прогнозирования.

### Выводы

1. Выявлены пространственно-временные факторы и закономерности природного и техногенного характера, формирующие геориски в массивах пород при процессах разведки, добычи и эксплуатации месторождений полезных ископаемых.
2. Предлагается оптимизировать систему мониторинга за динамикой и качеством водоотбора, а также за устойчивостью бортов карьеров и шахтного пространства на действующих рудниках или подготавливаемых к эксплуатации месторождениях.
3. Выявление особенностей гидрогеологических и инженерно-геологических условий для оценки обводнённости и прогнозирования устойчивости бортов карьера и шахтных выемок месторождений полезных ископаемых на различных стадиях его освоения необходимо проводить с учётом множества факторов и закономерностей проявления свойств массивов пород, приведённых в данной работе.

### Литература

1. Марков Г.А. Савченко С.Н. Напряжённое состояние породы горное давление в структурах рельефа. Л.:Наука,1984, - 140 с.
2. Айтматов И.Т. Геомеханика рудных месторождений Средней Азии. Фрунзе: Илим, 1987,246 с.
3. Мамбетов Ш.А. Прогнозирование и контроль напряжённо-деформированного состояния массива пород в высокогорных районах. Фрунзе:Илим, 1988, 189 с.
4. Сергеев Е.М. Грунтоведение. М.:МГУ, 1983 г., 389 с.
5. Усупаев Ш.Э. О новейших и современных геодинамических эндогенных движениях как источниках естественного напряжённого состояния грунтов на территории Кыргызстана. Тр. Междунар. научной конференции 14-15 июля 2006 г. “Напряжённое состояние породного массива и наведённая геодинамика недр”. Бишкек, 2006, с. 139-149.
6. Торгоев И.А. Геоэкологический мониторинг при освоении ресурсов гор Кыргызстана. Бишкек: Илим, 1996 г., 96 с.
7. Щербakov Д.И. Месторождения радиоактивных руд и минералов Ферганы. Л.,1924 г., с. 4.
8. Усупаев Ш.Э., Атыкенова Э.Э. Гидрогеолого-гидрологические аспекты оценки и прогноза геоэкологического загрязнения и радиационного заражения на территории Кыргызстана и трансграничных районах со странами Центральной Азии.//Ж.Известия НАН КР, Бишкек:Илим, 2012, №3.
9. Усупаев Ш.Э., Шаршенов Б. О генезисе георисков в Арабель-Кумторской межгорной впадине.//Мониторинг и прогноз возможной активизации чрезвычайных ситуаций на территории Кыргызской Республики. Бишкек.: МЧС КР, 2014 г., с.658 - 660.
10. Едигенов М.Б. Гидрогеология рудных месторождения Северного Казахстана. Костанай, 2013 г., с. 308.